

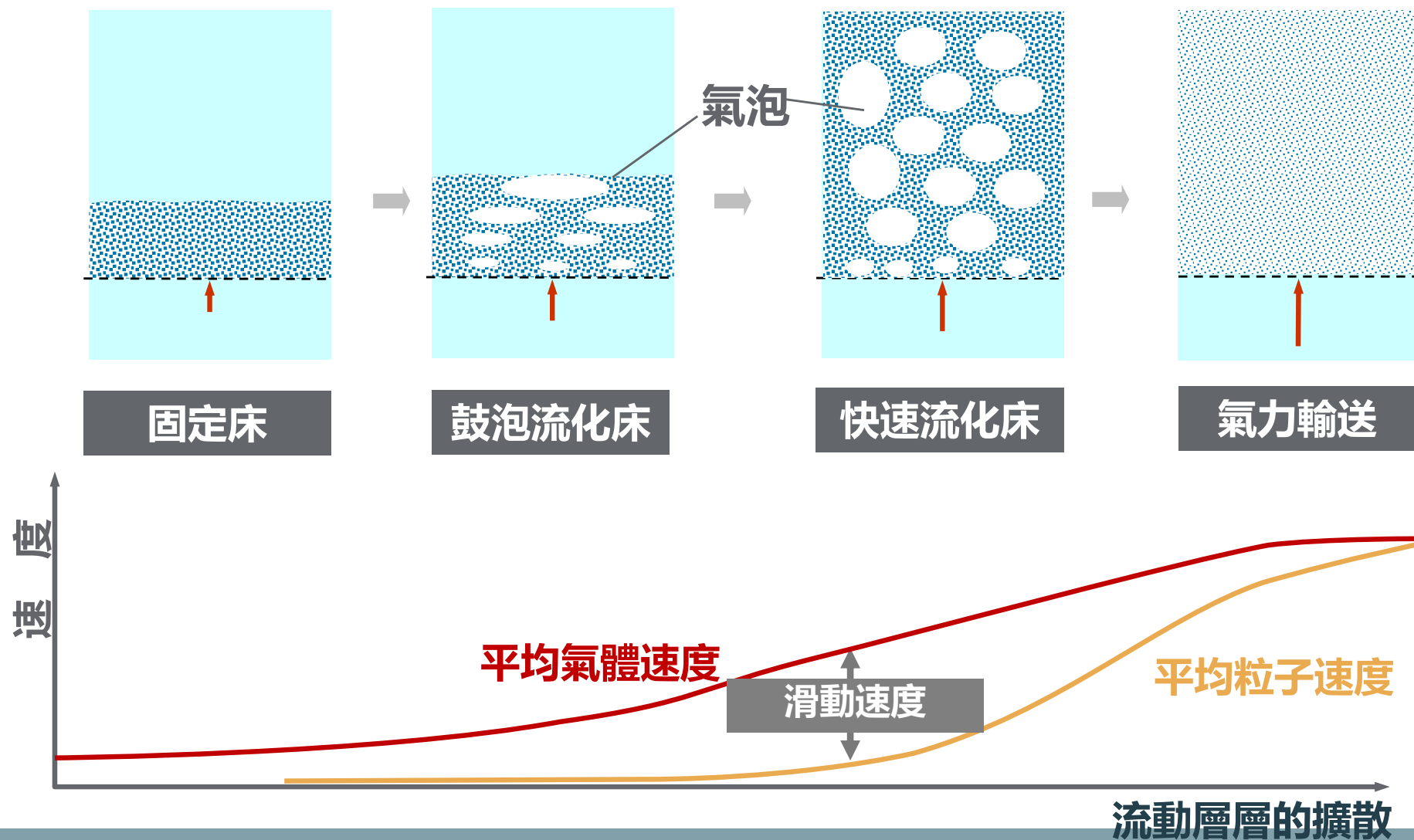
利用碳中和設備實現脫碳 -生質能燃燒CFB/BFB-

2022.3.3

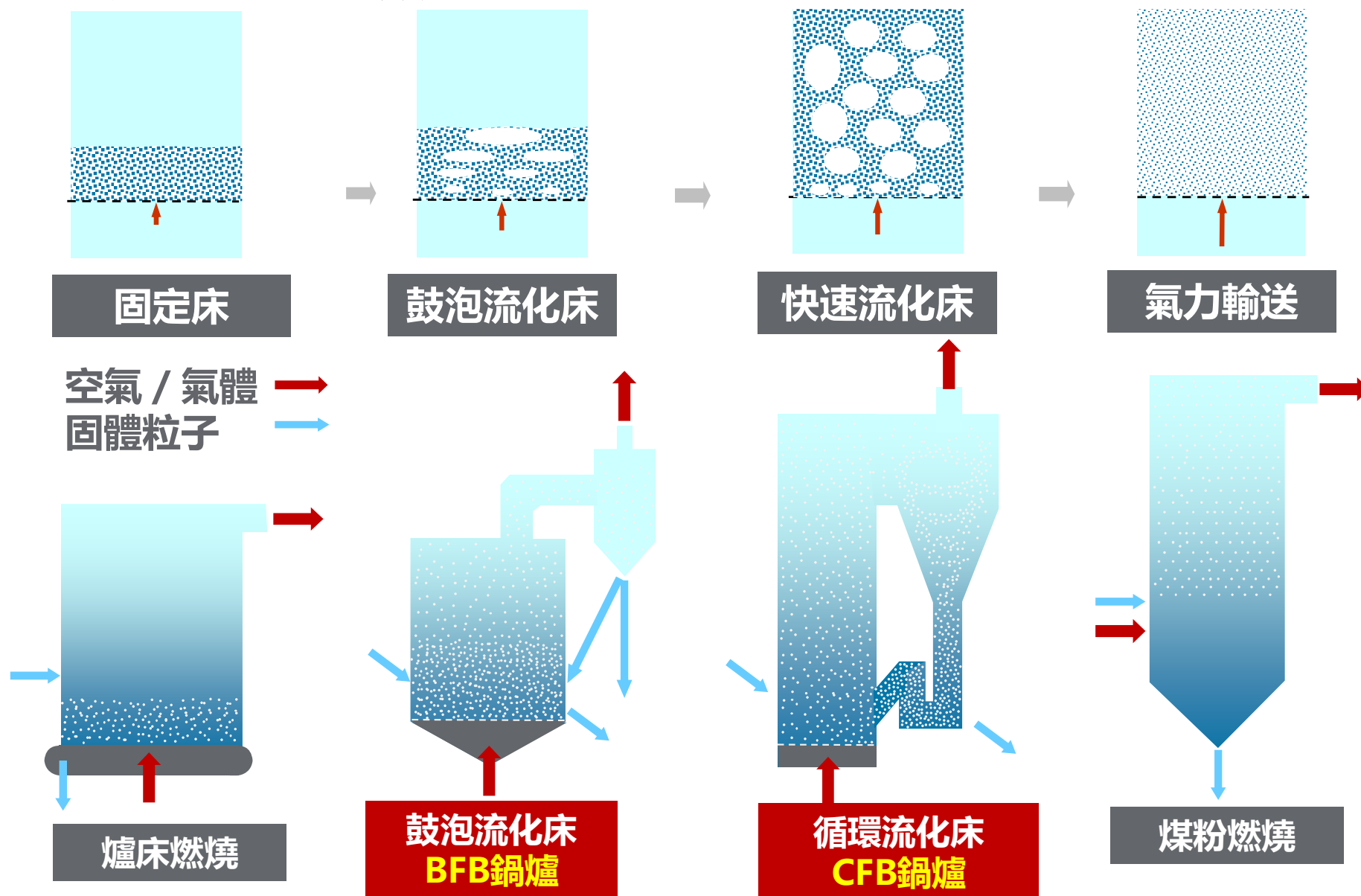
三菱重工業株式會社

流動形態的變化與鍋爐的類型

■ 流動形態依層的擴散與滑動速度分成4種
(滑動速度意指平均氣體速度與平均粒子速度的差值)



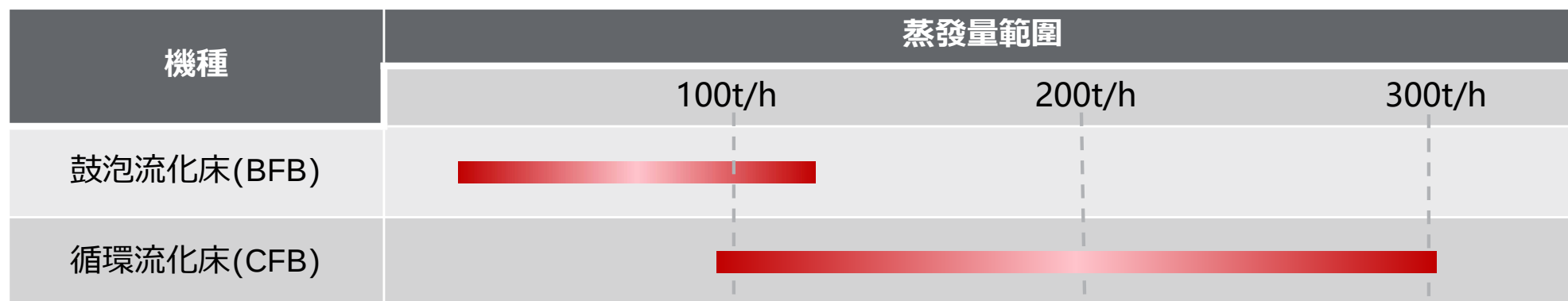
■各燃燒方式的鍋爐類型對應的流動形態



■ 三菱重工集團的流體化床鍋爐適用實績（依輸出容量分類）

發電級別（發電端）		2 MW	7 MW	10 MW	20 MW	50 MW
鍋爐型式		鼓泡流化床(BFB)				循環流化床(CFB)
鍋爐 主要項 目	蒸發量 (t/h)	9.5	28.1	39.3	75~95	170
	蒸氣壓力 (MPag)	6.1	6.1	6.1	10~12	13.0
	蒸氣溫度 (°C)	478	478	478	505	540
燃料		所有木質類生質燃料／煤炭／RPF／廢輪胎等				
燃料投入方法		迴轉閥+燃料料倉				
啟動方式		啟動用頂部燃燒器（適用燃料：油／天然氣）				

■ 對應之蒸發量範圍



■ 木質類生質燃料的範例



廢木材



木屑



木質顆粒



PKS(Palm Kernel Shell)

■ 產業用廢棄物類燃料的範例



RPF(Refuse Paper and Plastics Fuel)



製紙殘渣



廢輪胎



煤炭 (參考)

與蒸發量150t/h等級的煤炭單獨燃燒鍋爐相比時，

流體化床鍋爐採用生質燃料單獨燃燒，

二氧化碳排放量一年可減少**約340,000t** 註1

註1：主要的前提條件 燃料熱值(LHV)：煤炭 24.8 MJ/kg、一年運轉時間8000小時

循環流化床鍋爐(CFB)的特徵

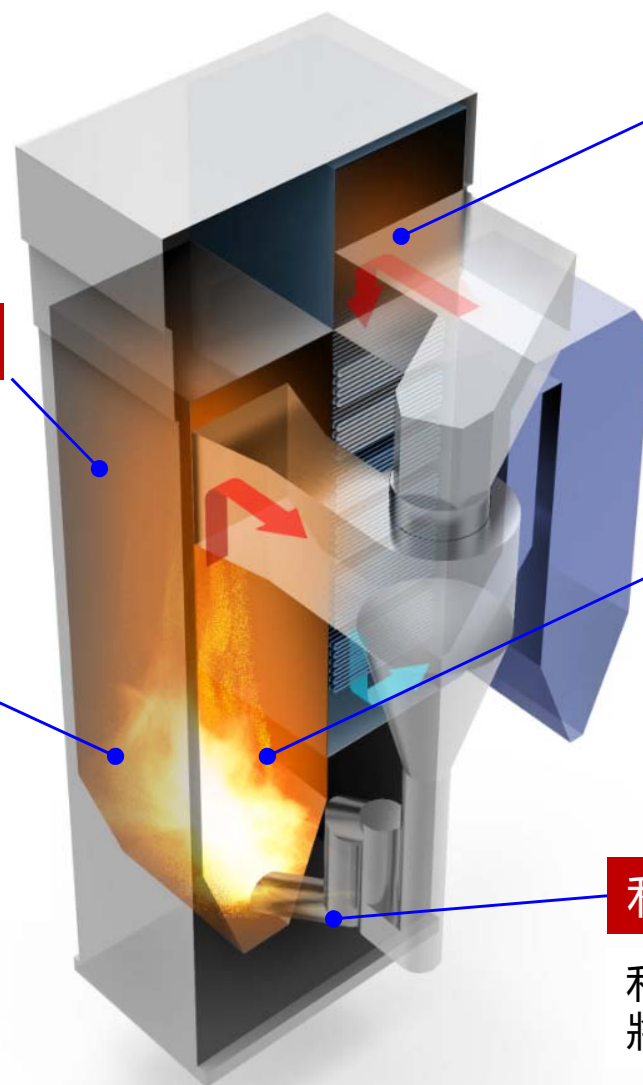
- 藉由流體化床爐膛良好的燃燒與外部熱交換器的溫度調整功能，可對應各種燃料或燃料屬性的變化。

以充足的停留時間達到完全燃燒

爐膛內所有區域維持低溫燃燒領域，
不產生結垢或結渣

流體化床之低NO_x穩定燃燒

- 經由流體化床良好的混合擴散後，發熱量或水分變動幅度大的生質燃料也能實現穩定均等的低溫燃燒。
- 採用2段式燃燒，實現低NO_x。



利用分離器將燃燒氣體
與流動材料分離後
在後方煙道有效進行熱交換

利用分離器分離流動材料後，
在後方煙道配置對流導熱管組。

燃燒的特徵

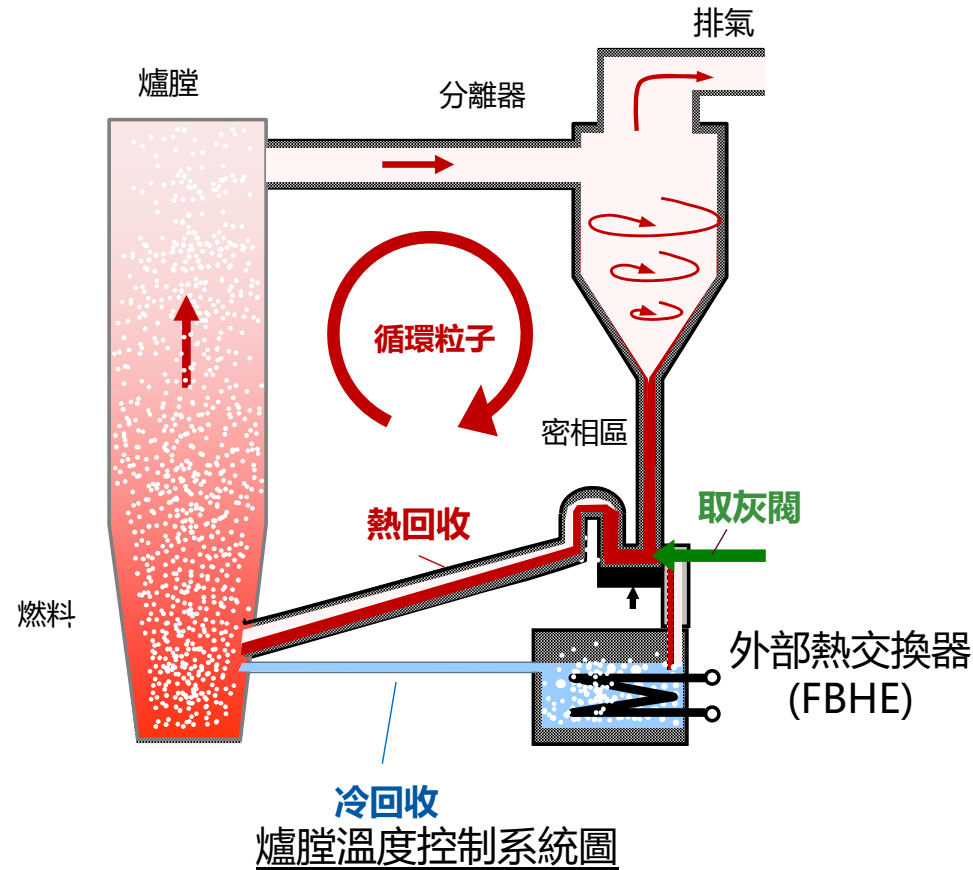
燃料在快速流動層內與流動材料接觸燃燒後，
各種燃料都可達成優異的燃燒效率。

利用外部熱交換器控制火爐溫度

利用外部熱交換器，使流動材料的一部分冷卻後，
將爐膛控制在一定的溫度。

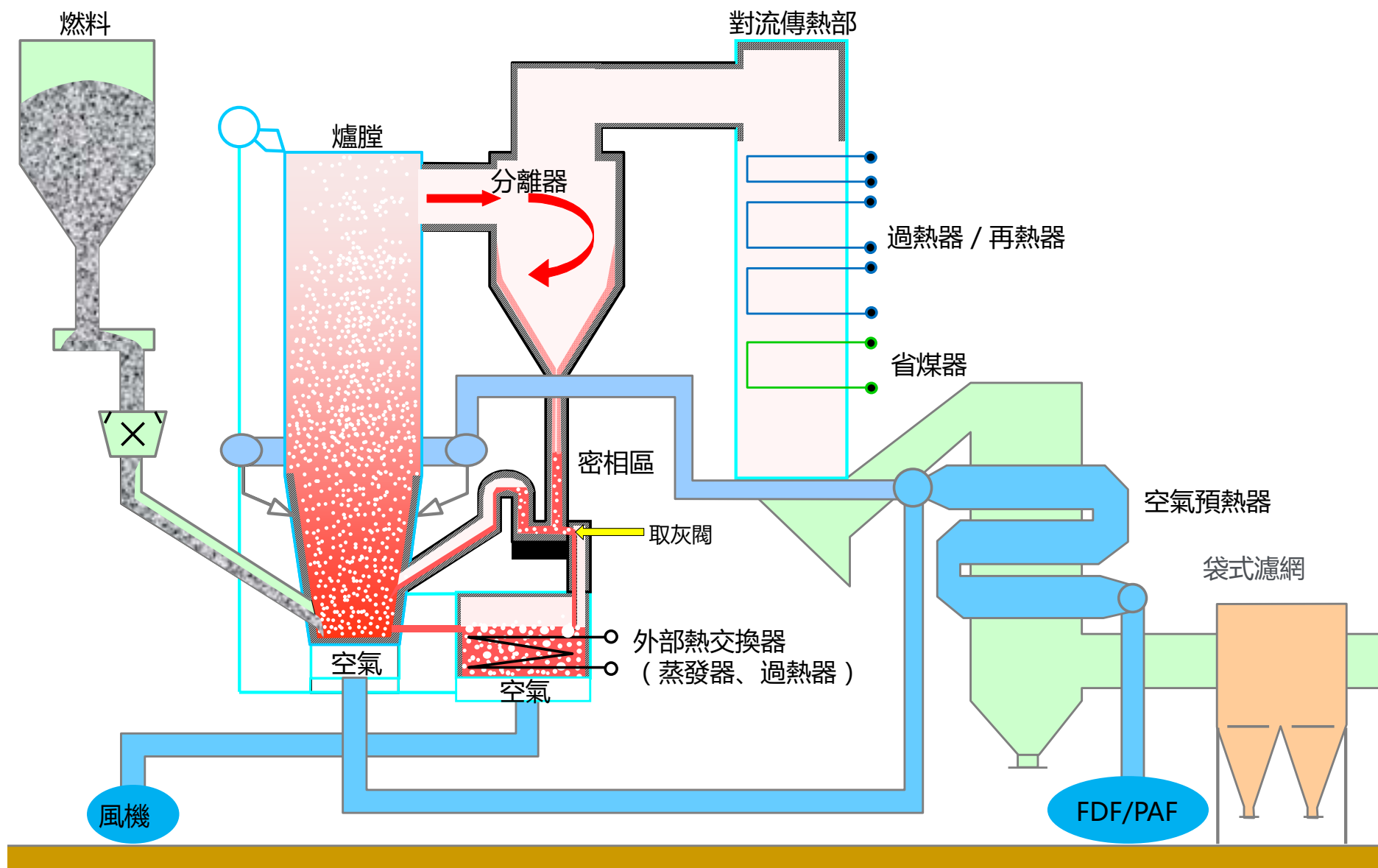
循環流化床鍋爐(CFB)的設計考量重點【爐膛溫度控制】

- 分離器下游的取灰閥將循環粒子分配至熱回收 / 冷回收，經流量調整後，可將燃燒爐溫度控制在一定的溫度。



- 可針對燃料水分變動時或爐內脫硫、低NO_x燃燒、戴奧辛控制最佳的爐膛溫度持續運轉

循環流化床鍋爐(CFB)的主要機器結構



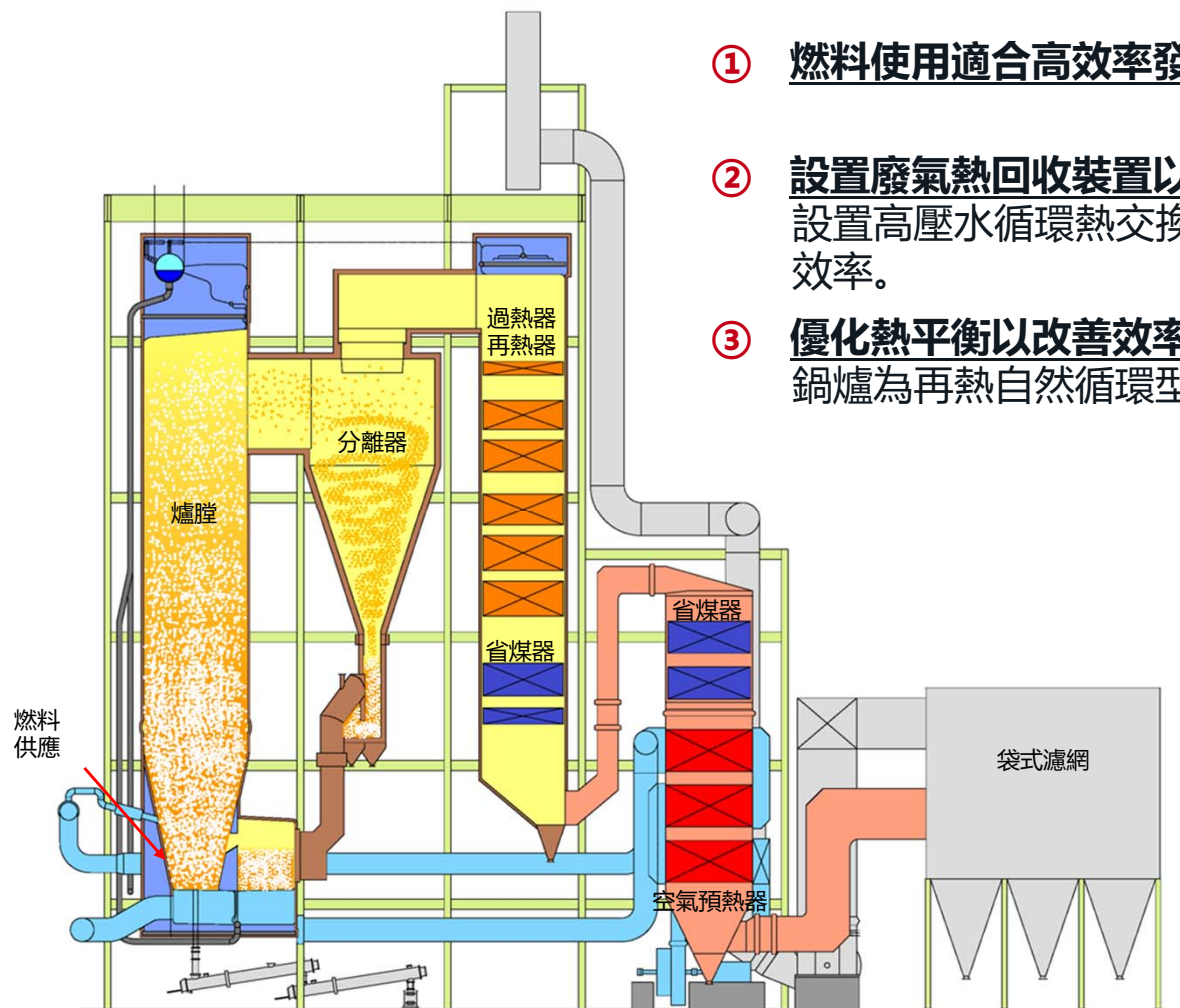
NO.	交機地點	蒸發量 (t/h)	蒸氣壓力 (MPag)	蒸氣溫度 (℃)	燃料	啟用年 度
1	太平洋水泥（株）大分工廠	63	10.3	513	煤炭、重油、石油焦	1989
2	王子材料（株）釧路工廠	150	6.3	450	煤炭、殘渣、木屑、重油	1990
3	太平洋水泥（株）上磯工廠	180	10.3	541	煤炭、重油、石油焦	1993
4	日本製紙（株）勇払工廠	260	13.7	550	煤炭、殘渣、RPF、重油	1994
5	太平洋水泥（株）埼玉工廠	178	10.3	541	煤炭、重油、石油焦、木屑、碎屑輪胎	1996
6	宇部興產品（株）伊佐水泥工廠	210	10.3	541	煤炭、重油、石油焦、木屑	1997
7	電源開發（株）若松綜合事業所	4.2	9.8	540	RDF、重油	1997
8	住友共同電力（株）新居濱東火力發電所	180	13.6	513	煤炭、重油	1999
9	王子材料（株）大分工廠	200	11.9	541	RPF、煤炭	2004
10	王子製紙（株）米子工廠	250	10.8	515	RPF、切胎、木屑、殘渣	2005
11	王子製紙（株）春日井工廠	140	11.8	541	RPF、切胎、木屑	2007
12	IWAKI大王製紙（株）	170	13.2	540	燃料碎屑、輪胎芯片、RPF、殘渣類	2008
13	國內某處所	185	12.8	540	木頭顆粒、PKS	預定2022
14	國內某處所	160	14.6/2.77	541/541	木頭顆粒、PKS、木片	預定2024
15	國內某處所	160	14.6/2.77	541/541	木頭顆粒、PKS	預定2024
16	國內某處所 ※計畫中（內定）	160	14.6/2.77	541/541	木頭顆粒、PKS	(2024)
17	國內某處所 ※計畫中（內定）	245	14.0/2.92	541/541	木頭顆粒、PKS	(2024)

IWAKI大王製紙株式會社購置



發電輸出	MW	32 (+ 工廠送氣)
蒸發量	t/h	170
蒸氣壓力	MPag	13.2
蒸氣溫度	℃	540
供水溫度	℃	161
主要燃料	-	木質碎片 輪胎芯片 RPF 殘渣等
啟用時期	-	2008年9月

■ 研發出著重在發電性能的精簡式高性能生質燃料燃燒循環流化床鍋爐



生質燃料燃燒循環流化床鍋爐的規劃範例

- 形式：再熱自然循環單體式
- 發電量：50MW

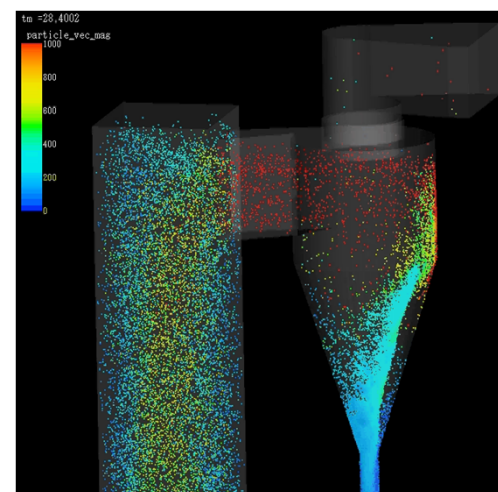
① 燃料使用適合高效率發電的木頭顆粒、PKS

② 設置廢氣熱回收裝置以提升效率

設置高壓水循環熱交換式的廢氣冷卻器 / 空氣預熱器，提升整廠效率。

③ 優化熱平衡以改善效率

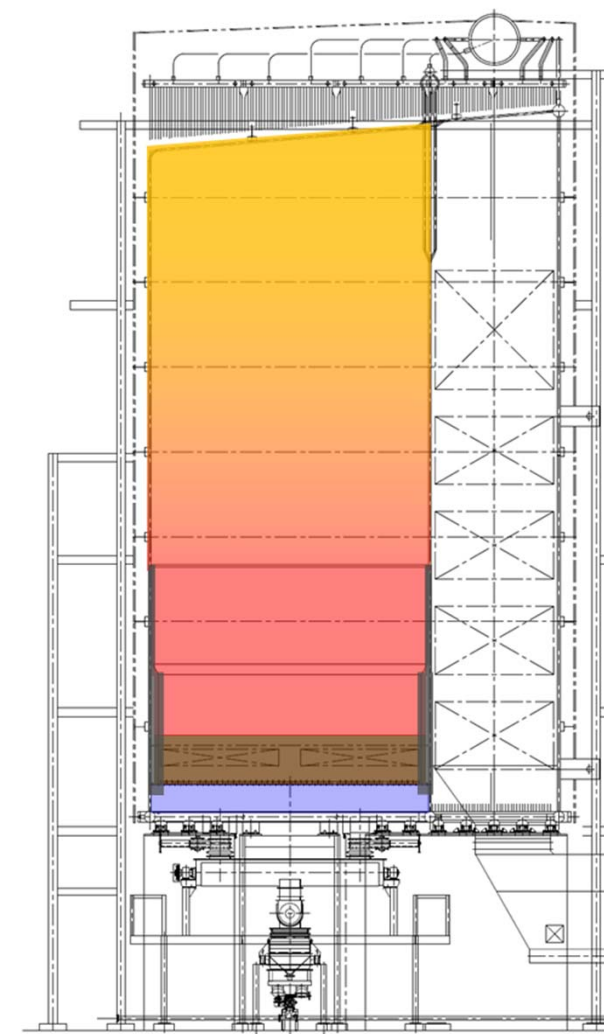
鍋爐為再熱自然循環型，優化熱平衡以改善整廠效率。



[分離器模擬範例]

因2012年起在日本實施的再生能源定價購電制度，將具備下列特徵之2MW、7MW、10MW、20MW的4種BFB鍋爐發電設備全面標準化，並建立可迅速以合理價格提供設備的體制，以利因應主要使用木質生物質燃料之發電計畫的旺盛需求。

- **節省空間** : 易於設置發電設備的規畫
- **低成本化** : 將規格標準化來降低設備費用
- **高效率化** : 以優異的整廠效率來減輕燃料費用
- **適用多種燃料** : 對應多種燃料的設計
- **低維護管理費** : 將未燃燒的部分最小化來降低最終處分費



BFB鍋爐側面圖

(1)確保高溫燃燒區域

- 空氣洩漏的最小化
(燃料供應口等開口部的密封性)
- 考量耐火材料之施工範圍以維持層溫 / 空塔部的溫度

(2)確保停留時間

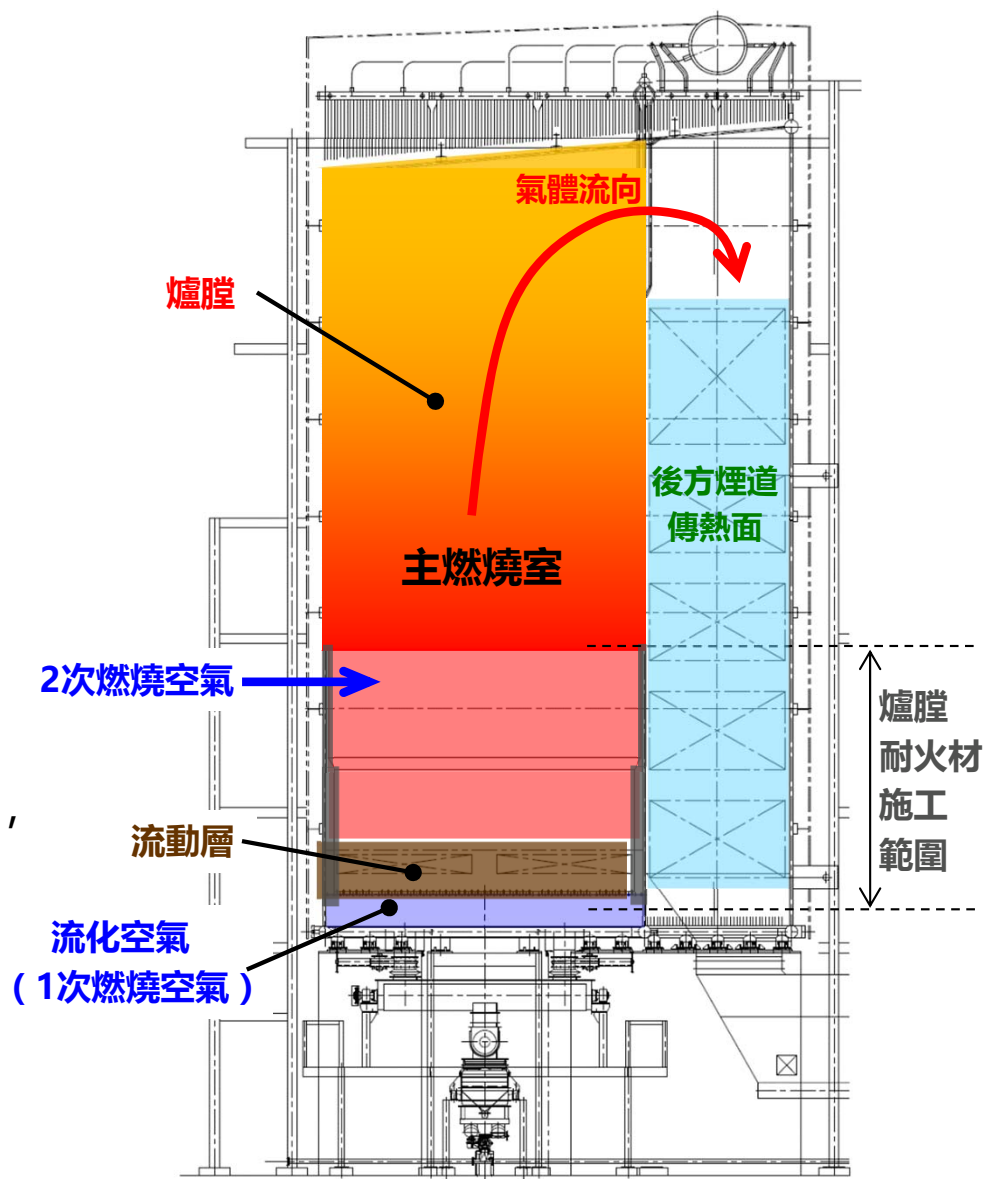
- 確保充足的停留時間，以利將未燃部分燃燒處理。

(3) 最佳的空氣投入分配

- 採用2階段的空氣供應方式（2段式燃燒系統），來有效混合燃氣與燃燒空氣，達成二氧化碳之減排。

(4) 考量煤灰附著的傳熱面配置

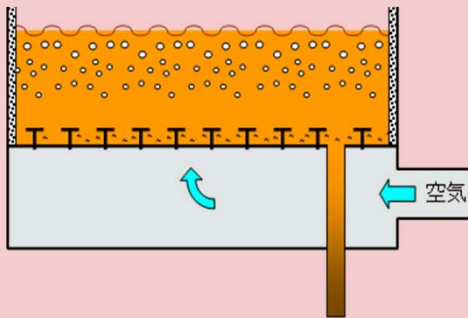
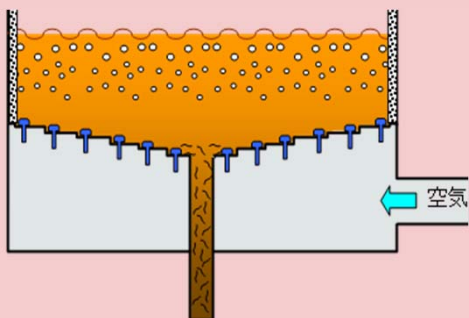
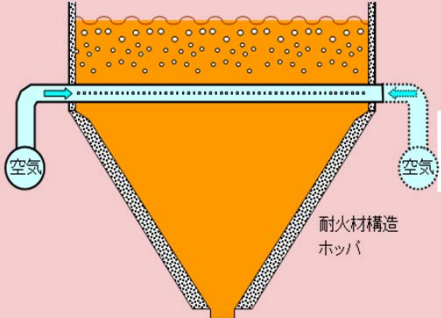
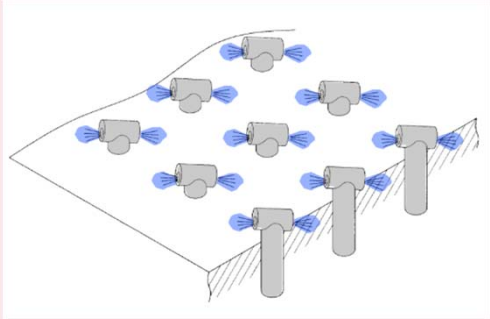
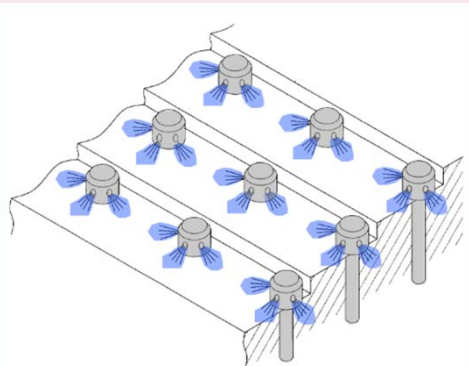
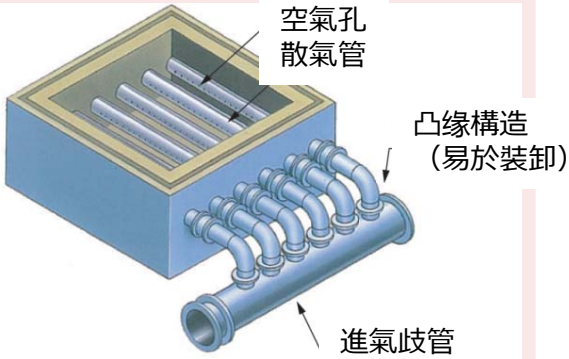
- 依據基礎試驗或實績調查結果，事先評估煤灰附著性，並決定傳熱面的面板間距。



BFB鍋爐側面圖

鼓泡流化床鍋爐(BFB)的設計考量重點【最佳的爐底構造】

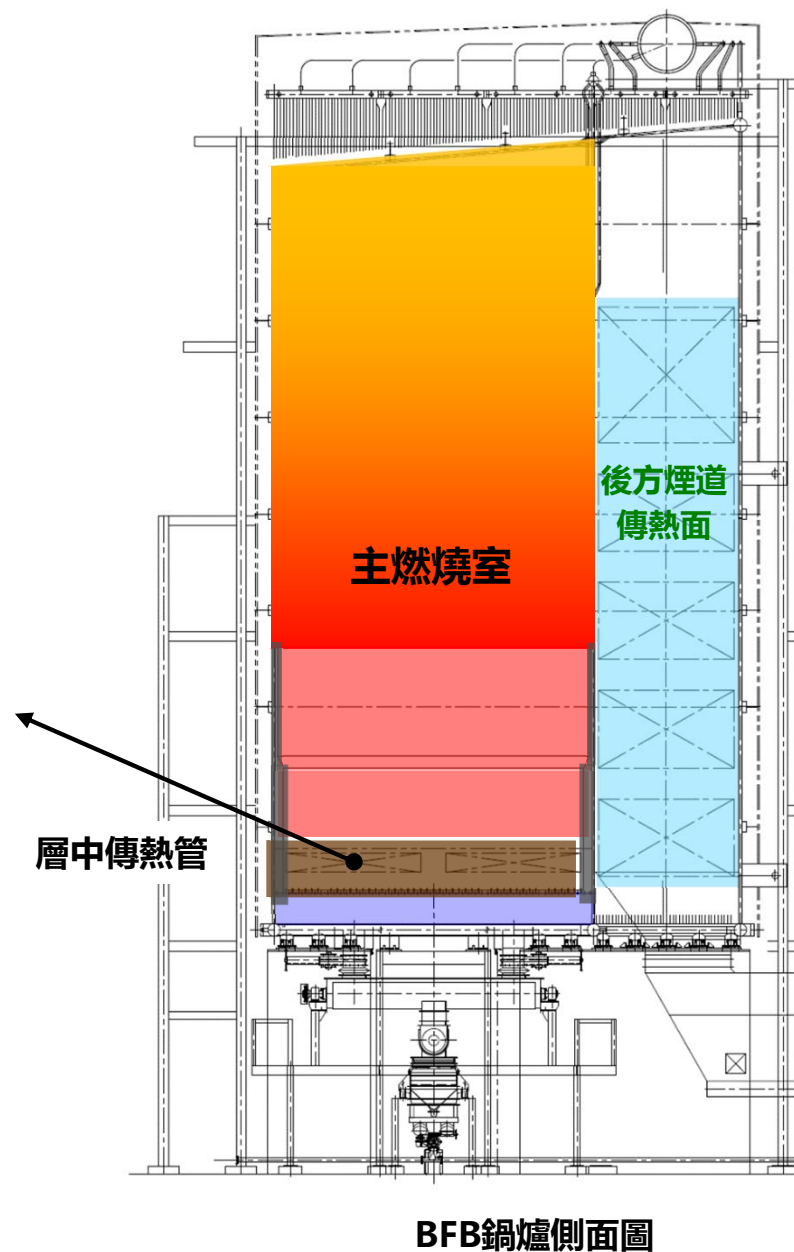
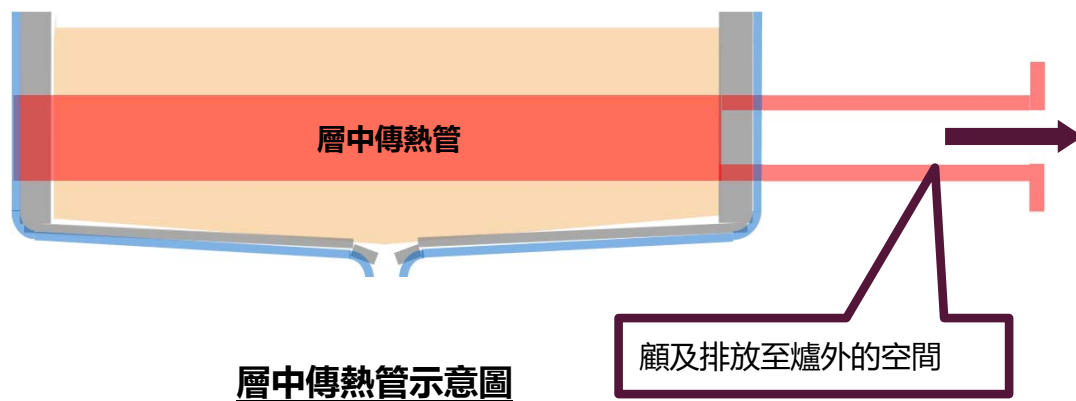
- 依照燃料屬性與異物量、不燃物量的程度，採用適當的爐底構造。

	空氣噴嘴方式 平面水冷構造	空氣噴嘴方式 傾斜水冷構造	散氣管方式 耐火材質料斗構造
發電量	2~20MW	20MW等級	2~10MW等級
異物／不燃物量	少	多	多
爐床構造			
空氣噴嘴 散氣管構造			

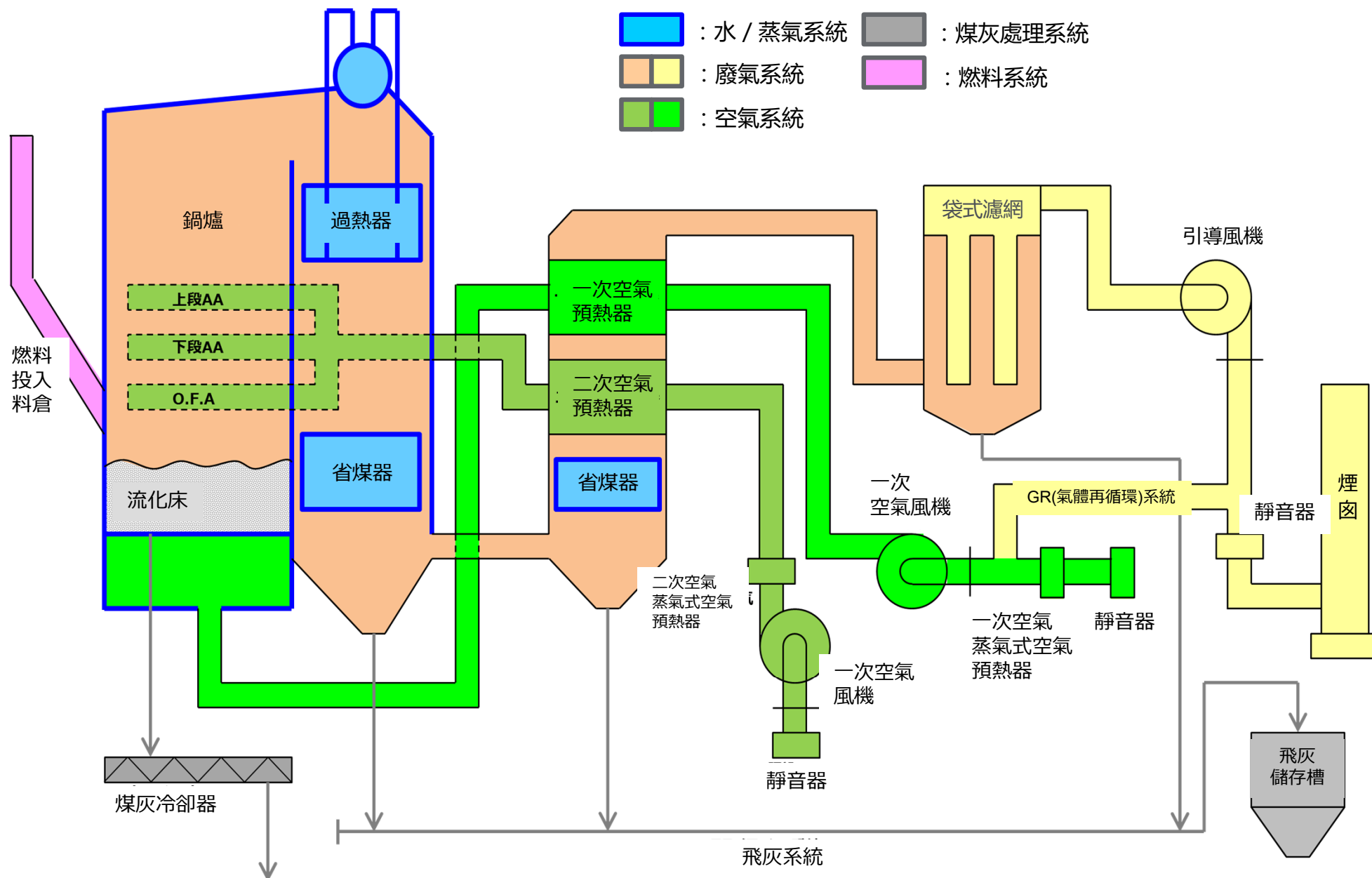
※ 因散氣管支撐構造的可行性，容量大的20MW等級採用空氣噴嘴方式。

構造簡單、考量排出爐外的空間

⇒ 構造上易於對長年磨損減薄的部分做修補 / 更換的動作，確保其維修便利性。



鼓泡流化床鍋爐(BFB)的系統結構



交機時計畫要項	鍋爐形式	單體自然循環形
	蒸氣條件	10.3MPag×505°C
	蒸發量	75 t/h
	飼水溫度	175°C
	燃燒方式	鼓泡式流化床燃燒
	通風方式	平衡通風
	使用燃料	混合木片 (未使用木材 / 一般木材 / 資源回收木材)
	發電機發電量	18,000kW
商轉時期		2016年8月



【參考】BFB鍋爐交機實績（1/4）

NO.	交機地點	蒸發量 (t/h)	蒸氣壓力 (MPag)	蒸氣溫度 (℃)	燃料	啟用年度
1	王子製紙（株）苫小牧工廠	45	3.53	420	樹皮片、製紙殘渣、RDF	1985
2	王子F-TEX（株）江別工廠	60	6.37	480	樹皮片、木屑、製紙殘渣、RDF	1985
3	崎戸製鹽（株）	58.8	7.1	488	煤炭	1985
4	大王製紙（株）三島工廠	60	6.57	440	樹皮片、木屑、廢材、製紙殘渣、RDF、 廢輪胎	1986
5	井出製紙（株）吉原汽力所	50	10.1	503	煤炭、殘渣	1988
6	丸住製紙（株）大江工廠	32	11.5	飽和	殘渣、煤炭、重油	1988
7	大王製紙（株）可兒工廠	30	6.3	440	殘渣、樹皮片、鋸末、重油	1991
8	丸住製紙（株）大江工廠	58	11.5	飽和	煤炭、殘渣、重油	1999
9	IWAKI大王製紙（株）	60	6.5	440	木片、煤炭	2001
10	大王製紙（株）三島工廠	100	10.1	503	木片、樹皮片、伐木場樹皮、RPF、煤炭、 輪胎碎屑	2004
11	大王製紙（株）可兒工廠	117.5	12.7	541	木片、RPF、切胎、燈油	2004
12	三菱製紙（株）八戸工廠	77	12.7	515	殘渣、木片、切胎、重油	2004
13	兵庫紙漿工業（株）	85	10	505	木片、RPF、輪胎碎屑、重油	2004

【參考】BFB鍋爐交機實績（2/4）

NO.	交機地點	蒸發量 (t/h)	蒸氣壓力 (MPag)	蒸氣溫度 (℃)	燃料	啟用年度
14	日本製紙（株）八代工廠	28	7.7	475	木屑（薄木材等的未使用木材）	2015
15	(株)中部廠房SERVICE	28	6.3	478	木質燃料	2016
16	EF-ON（株）豐後大野發電所	75	10.3	505	木片、建築廢材	2016
17	前橋生物質發電(株)	28	6.3	478	木片	2018
18	甲南utility (株)	60	3.3	325	建築廢材、RPF	2018
19	(株)横須賀生物質能源	28	6.3	478	木片、修剪樹枝、RPF	2019
20	EF-ON（株）壬生發電所	77	10.3	505	薄木材、一般材料、建築廢材	2020
21	太平電業(株)	28	6.3	478	薄木材、一般材料、建築廢材	2019
22	DS GREEN發電和歌山合同會社	28	6.3	478	薄木材、PKS	2020
23	信州WOOD POWER（株）	10.5	6.1	478	薄木材	2020

【參考】BFB鍋爐交機實績（3/4）

NO.	交機地點	蒸發量 (t/h)	蒸氣壓力 (MPag)	蒸氣溫度 (℃)	燃料	啟用年度
24	(株)田村生物質能源	28	6.3	478	薄木材、一般材料	預定2021
25	A公司	81	10.3	513	PKS、薄木材	預定2021
26	B公司	11.3	4.3	403	建築廢材、薄木材	預定2021
27	C公司	80	12.3	541	PKS	預定2021
28	C公司	80	12.3	541	PKS	預定2021
29	D公司	117	7.1	400	建築廢材、薄木材	預定2021
30	E公司	117	4.3	300	廢渣、排水殘渣、塑膠垃圾、RPF、塑膠片、煤炭、切胎、樹皮片	預定2022
31	F公司	90	10.3	513	PKS、老樹顆粒、樹皮片 (將來：EFB顆粒)	預定2022
32	G公司	67	3.3	353	建設廢材、廢塑膠	預定2023
33	E公司	60	2.2	330	RPF	預定2023

銷往國外客戶

NO.	交機地點	蒸發量 (t/h)	蒸氣壓力 (MPag)	蒸氣溫度 (℃)	燃料	啟用年度
34	Mineracao Rio do Norte (巴西)	40.5	6.3	480	煤炭、木屑、油	1984
35	KLABIN S/A Telemaco Borba-PR (巴西)	150	4.54	430	樹皮片、木屑、油	1995
36	Celulosa Arauco Y Constitucion (智利)	60	2.8	252	木屑、油	2000
37	LWARCEL Celulose e Papel Ltda (巴西)	90	8.34	480	生物質、甘蔗渣	2009
38	KLABIN S/A Correia Pinto-SC (巴西)	86.5	8.79	480	樹皮片、油	2013
39	Eldorado Celulose e Papel Ltda. (巴西)	70	8.74	487	木質、木屑、樹皮片、臭氣氣體、油	2013
40	Energias Renováveis do Brasil (巴西)	150	8.4	490	木質、木屑、樹皮片、臭氣氣體、油	2014
41	Suzano Papel e Celulose (巴西)	120	8.63	480	木質、木屑、樹皮片、臭氣氣體、油	2014

三菱重工業股份有限公司
SPMI事業部
能源轉型 & 電力事業本部

佐伯 隆太
+81-(0)90-2404-7212
ryuta.saeki.jp@mhi.com

日商三菱動力股份有限公司台北分公司
業務部門

童 偉誠

0978-672-290
weicheng.tung.cm@mhi.com



三菱重工